

DER ANSATZ DES M. FLEXOR DIGITORUM PROFUNDUS
BEIM NEUGEBORENEN UND ERWACHSENEN

von

MARIA PAGNOTTA-ZANDER

1967

Aus dem Anatomischen Institut
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Direktor: Prof. Dr. M. Watzka

DER ANSATZ DES M. FLEXOR DIGITORUM PROFUNDUS
BEIM NEUGEBORENEN UND ERWACHSENEN

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

MARIA PAGNOTTA-ZANDER

aus Berlin

MAINZ 1967

Dekan: Prof. Dr. L. Diethelm

Referent: Prof. Dr. G. Müller

Korreferent: Prof. Dr. M. Watzka

Tag der mündlichen Prüfung: 2. Dezember 1967



MEINEN ELTERN

GEWIDMET

I. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

In der Literatur findet man keine genaue Beschreibung über den Ansatz des so wichtigen Musculus flexor digitorum profundus der Hand. In den Lehrbüchern der Anatomie heißt es entweder: "Der M. flexor digitorum profundus entspringt und zieht zur Endphalanx" (Hochstetter, Pernkopf), oder es wird der Ansatz schon etwas präziser beschrieben: "... und zieht zur Basis der Endphalanx" (Benninghoff-Goerttler, Braus-Elze, Corning, Rauber-Kopsch, Sieglbauer, Waldeyer). Nähere Angaben darüber sind nicht zu finden.

Aufgabe dieser Arbeit war es, den genauen Ansatz des M. flexor digitorum profundus am Fingerendglied zu untersuchen. Dabei mußten die durchlaufenden Sehnenstrukturen verfolgt und deren Funktionsarchitektur nicht nur im makroskopischen, sondern auch im submakroskopischen Bereich, aufgezeigt werden.

Über die Sehnen ganz allgemein ist zu sagen, daß sie ein wichtiges Hilfsorgan der Muskeln darstellen. Sie verbinden den Muskel mit dem Skelett und übertragen damit die Zugwirkung auf den Knochen. Sie sind außerordentlich zugfest und mit Sharpey'schen Fasern im Knochen verankert. Histologisch sind die Sehnen fibröse Organe, deren Faserbündel sich durch den parallelen Verlauf der kollagenen Fibrillen, feste Vereinigung, Armut an elastischen Fasern und geringe Dehnbarkeit auszeichnen.

Die Funktion des M. flexor digitorum profundus besteht in der Beugung der Handgelenke und der Beugung sämtlicher Fingergelenke des 2. bis 5. Fingers, ist also sehr vielseitig. Zu bedenken ist bei der Funktion natürlich, daß dieser Muskel ein vielgelenkiger Muskel ist, der zwar an der Endphalanx des 2. bis 5. Fingers inseriert, als Hypomochlion aber auch das Retinaculum Mm. flexorum und die digitalen Sehnenscheiden mit ihren Bandbefestigungen dienen.

II. UNTERSUCHUNGSMATERIAL UND TECHNIK

Als Untersuchungsmaterial dienten die Endphalangen der Mittelfinger der rechten Hand von jeweils drei Neugeborenen- und drei Erwachsenen-Leichen. Sie wurden freundlicherweise vom Mainzer Anatomischen Institut zur Verfügung gestellt. Um für die mikroskopische Untersuchung Schnitte herstellen zu können, wurden die Endphalangen zunächst mit einer 5%igen Salpetersäure ca.

14 Tage lang entkalkt. Nach der anschließenden gründlichen 24-stündigen Entwässerung wurden die Finger nacheinander mit dem Gefriermikrotom geschnitten. Die Dicke der Schnitte betrug 50 μ und 100 μ . Die Schnittführung erfolgte in drei Ebenen: es wurden sagittale, vertikale und horizontale Schnitte hergestellt. Zur Entwässerung wurden diese in Alkohol steigender Konzentrationen (80%, 90%, 96%) und zuletzt in Xylol - je 24 Stunden - eingelegt. Nach Eindecken der insgesamt 800 ungefärbten Präparate in Eukitt wurden die Schnitte unter dem binokularen Mikroskop im polarisierten und durchfallenden Licht untersucht. Diese Methode wurde schon 1950 von Dabelow, und später von Rohen (1953), von Müller (1963), von Wongphaet (1963) und von Stofft (1966) angewandt. Das zur Untersuchung benutzte binokulare Mikroskop enthielt die von Müller 1961 eigens entwickelte Polarisationsapparatur. Sie ermöglichte, bei gleichzeitiger Drehung von Analysator und Polarisator, die Strukturen in ihrem gesamten Verlauf zu verfolgen. Die besten Präparate wurden jeweils gezeichnet und dann photographiert. Die Betrachtung der Präparate im polarisierten Licht machte eine genaue Analyse des Verlaufs des Sehnenbündels des M. flexor digitorum profundus möglich.

III. BEFUNDE

1. Neugeborenen-Finger

Es fällt beim Sagittalschnitt zunächst auf, daß bei den Neugeborenen die Sehne des M. flexor digitorum profundus nach ihrem Verlauf unterhalb der articulo interphalangea distalis nicht sofort in das Perichondrium an der Basis des Fingerendgliedes einstrahlt, so wie es in den anatomischen Lehrbüchern von Benninghoff-Goerttler und H.K. Corning beschrieben wird, sondern an der Basis vorbeizieht. Sie hat in Höhe der Basis auch keinerlei Beziehung zum Bindegewebe, zu den Retinacula cutis oder zur Dorsalapponeurose, die cranial über dem Fingerendglied liegt. Vielmehr läuft die Sehne breit, aber gebündelt, ohne daß irgendeine Faser abzweigt, dem distalen Ende zu (Abb. 1 bis 4). Erst an der proximalen Epi-Diaphysengrenze geht die Sehne eine Verbindung mit dem Perichondrium ein, die sie auch bis zur Spitze beibehält. Der Faseransatz befindet sich aber nicht nur an der Wachstumszone, wo er die erste Verbindung mit dem Perichondrium eingeht, sondern geht am Perichondrium entlang weiter bis zur Spitze der halanx distalis. Während dieses Verlaufs der Peripherie zu sind bereits zarte Faserbündel zu erkennen, die sich nach caudal schräg nach vorn und rückläufig von der Sehne abspalten, um sich im Bindegewebe zu verteilen, wobei

die einzelnen Fasern mit den Retinacula cutis zusammenstoßen (Abb. 1 und 3). Man gewinnt den Eindruck, daß beide ineinander übergehen und zusammen mit den Fettkörpern der Subcutis eine Einheit darstellen. Abb. 1 und 4 zeigen als Besonderheit, daß bereits vor dem Ende des Fingerendgliedes Verbindungen zwischen dem Ansatz der Sehne und der Dorsalapponeurose bestehen. Der Teil der Faser, der dem Perichondrium am nächsten liegt, läuft nicht weiter bis zur Spitze des Fingerendgliedes, sondern biegt bereits vor dem distalen Ende der Phalanx III bogenförmig nach oben ab, um in die Dorsalapponeurose einzustrahlen.

Obgleich sich die Sehne des *M. flexor digitorum profundus* dem Perichondrium immer mehr anschmiegt, ist das Ende selbst an der Spitze der Endphalanx nicht zu erkennen. Vielmehr sieht man, wie die Sehne weiter zieht und in das Bindegewebe der Fingerkuppe nach allen Seiten, nach caudal, cranial und nach distal einstrahlt und dort bis in die dichten Kollagenbündel der Cutis ausläuft. Der Hauptanteil geht jedoch bogenförmig nach oben. Die einzelnen Faserzüge ziehen bei dieser Verteilung nicht in dicken Strängen, die auf einmal aufhören, sondern sie werden immer feiner, verästeln sich immer mehr und verankern sich dann fast unsichtbar im Bindegewebe in Form eines lockeren Scherengitters (Abb. 2 und 3). Auf Abb. 3 erkennt man außerdem schräge Faserzüge, die in die Sehnenausläufer einstrahlen und eine Verbindung der Sehne mit den Fixierungsfasern des Nagels herstellen. Vor der Endphalanx erkennt man eine schräg liegende Faserplatte, die vom Nagel bis in die Fingerbeerenhaut reicht. In diese biegen die Ausläufer der Profundussehne nach oben ein.

Der Querschnitt ergänzt, was wir beim Sagittalschnitt nur angedeutet sehen können. Die Schnitte beginnen an der Fingerspitze, also distal. Zunächst sieht man unter dem Nagel Bindegewebsbündel und vereinzelte Fasern. Diese nehmen proximalwärts an Masse immer mehr zu. Sobald der Knochen angeschnitten ist, erkennt man deutlich an der caudalen Seite die Sehne, die sich nach allen Richtungen, vor allem aber seitlich und nach unten, aufzweigt (Abb. 5 bis 8). Einige Fasern steigen steil nach oben, und verbinden sich mit den Fasern, die die Nagelplatte fest im Bindegewebe und an der Phalanx verankern (Abb. 7). An der Lateralfläche des Sehnenbündels strahlen viele dünne Fasern in allen Richtungen bis tief unter die Cutis. Das ganze sieht aus wie zwei Pinsel, deren Stiele in der Mitte vom Sehnenbündel liegen. Die einzelnen Fasern rechts und links zweigen breitbasig ab, werden dann aber ganz fein und dünn, kaum sichtbar. Besonders gut sieht man auch die vielen Abzweigungen der Sehne nach caudal (Abb. 5, 6, 7). Im Gegensatz zu den seitlichen

Abzweigungen, die mehr regelmäßig und geordnet, fast spiegelbildlich erscheinen, sind die auslaufenden Fasern der Sehne nach caudal unregelmäßiger angeordnet. Sie laufen auch nicht alle, wie die seitlich abzweigenden, gebogen oder geschwungen, sondern es finden sich auch geradlinige, sich überschneidende Abzweigungen (Abb. 6), so daß ein allgemein divergierender Verlauf der einzelnen Bündel entsteht. Die Fasern beginnen teils tief, teils auch sehr oberflächlich, sich in dem Fingerbeerengewebe immer mehr aufzuteilen, bis man ihr Ende fast garnicht mehr sieht. In der unteren Zone des Fingerendgliedes, in dem Gewebe dicht unter der Cutis, sieht man daher kaum noch Fasern dieser Sehne, die somit nach unten am wenigsten verankert ist. Gut erkennt man auch das Verhältnis der Sehne zum Perichondrium, bzw. Periost. Distal (Abb. 6 und 7) sieht man sehr deutlich, wie die Sehne durch eigene Fasern mit dem Perichondrium verbunden ist. Proximalwärts nimmt diese Verbindung immer mehr ab. Zuletzt liegt die Sehne frei unter dem Knochen, ohne ihn überhaupt noch zu berühren (Abb. 8).

Auf Parallelschnitten zum Nagel sieht man den Verlauf der Sehne seitlich des Knochens, ihre seitlichen Abzweigungen und vor allem das Auslaufen der Sehne in die Fingerspitze besonders deutlich (Abb. 9 bis 11). Betrachtet man hier das Gebiet der Fingerspitze genauer, so sieht man, wie sich die einzelnen Fasern der auslaufenden Sehne nach rechts und links flügel förmig ausbreiten und sich dabei in der Mitte fast senkrecht durchflechten (Abb. 10 und 11). Weiter distal laufen sie derart auf die Haut zu, daß sie die elastischen und kollagenen Fasern des Bindegewebes kreuzen, so daß ein korbgeflecht-ähnliches Bild entsteht.

2. Erwachsenen-Finger

Der Ansatz der Sehne des *M. flexor digitorum profundus* beim Erwachsenen unterscheidet sich von dem beim Neugeborenen sehr deutlich. Schon im Saggittalschnitt (Abb. 12 bis 14) ist zu erkennen, daß die Sehne nicht wie beim Neugeborenen an der Basis des Fingerendgliedes vorbeiläuft, sondern dort direkt hinter der Gelenkkapsel in den Knochen einstrahlt. Dabei sind die Sehnenfasern so mit dem Periost verschmolzen, daß Periost und Sehne nicht mehr voneinander zu trennen sind. Die innerste Schicht der Sehne hat bogenförmige Verbindungen zu den Spongiosabälkchen (Abb. 13 und 14). Außerdem erkennt man besonders gut im polarisierten Licht rückläufige Strukturen, die von der innersten Schicht der Sehne ausgehen und ebenfalls in Bögen verlaufen (Abb. 13). Beide Systeme stellen somit ein sich gegenseitig überschneidendes Bogensystem

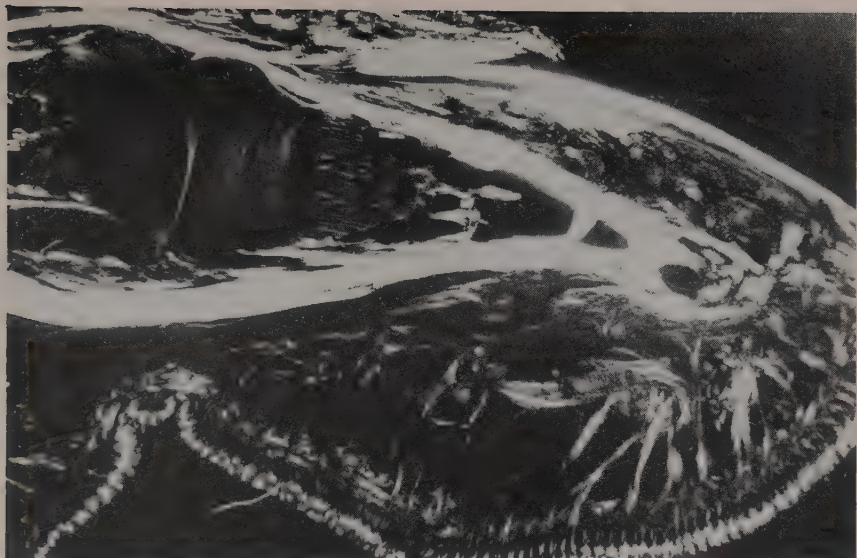


Abb. 1 : Neugeborenenfinger-Sagittalschnitt



Abb. 2 : Neugeborenenfinger-Sagittalschnitt



Abb. 3 : Neugeborenenfinger-Sagittalschnitt

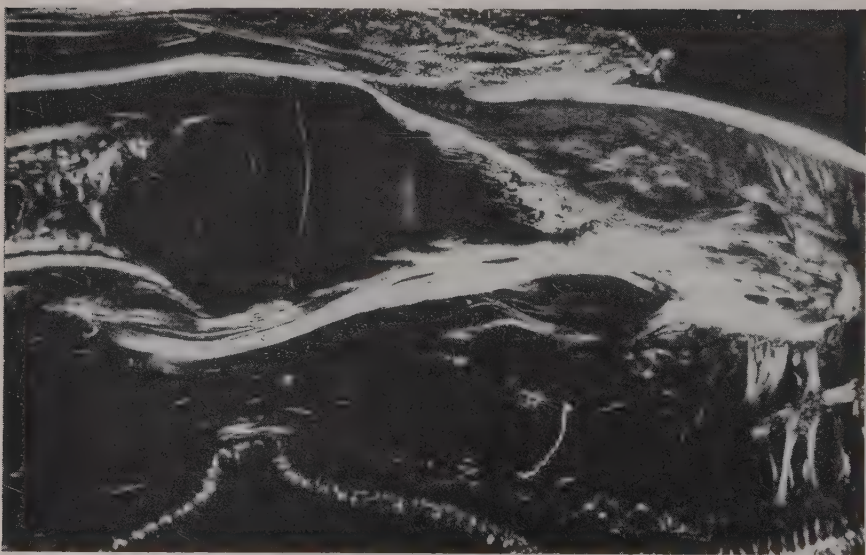


Abb. 4 : Neugeborenenfinger-Sagittalschnitt



Abb. 5 : Neugeborenenfinger-Querschnitt

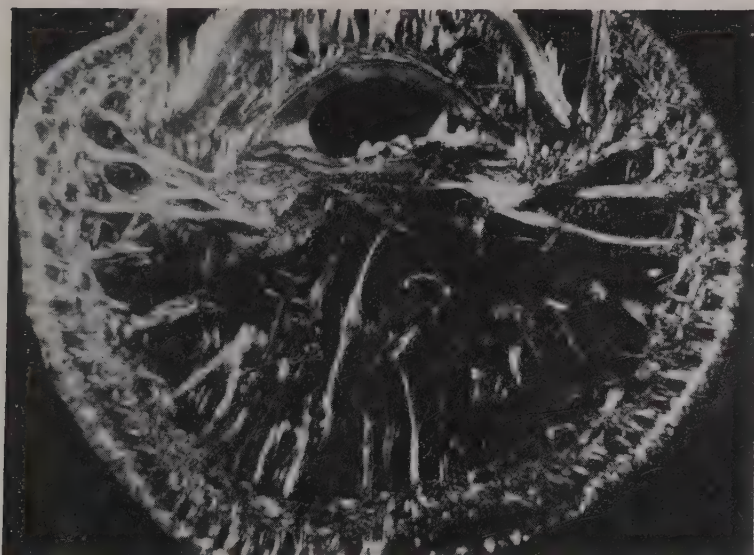


Abb. 6 : Neugeborenenfinger-Querschnitt

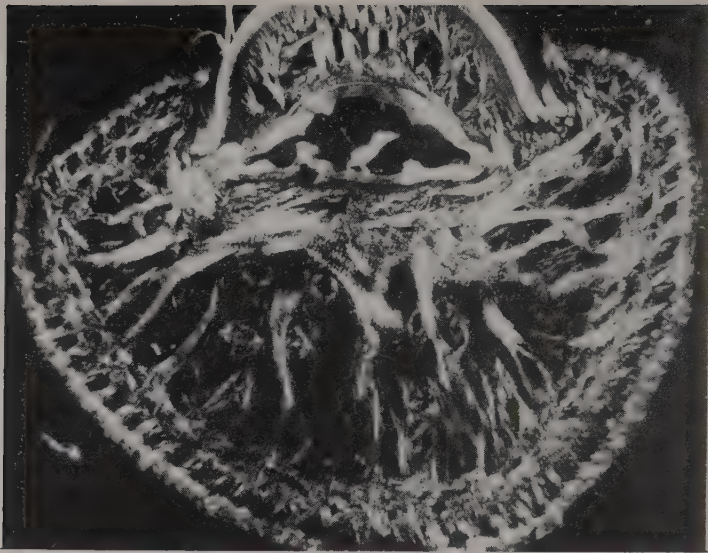


Abb. 7 : Neugeborenenfinger-Querschnitt



Abb. 8 : Neugeborenenfinger-Querschnitt

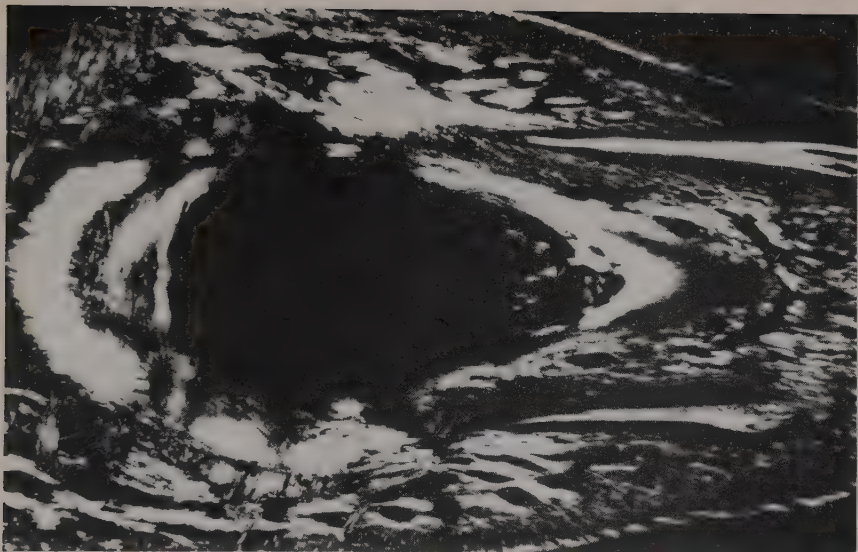


Abb. 9 : Neugeborenenfinger-Parallelschnitt zum Nagel

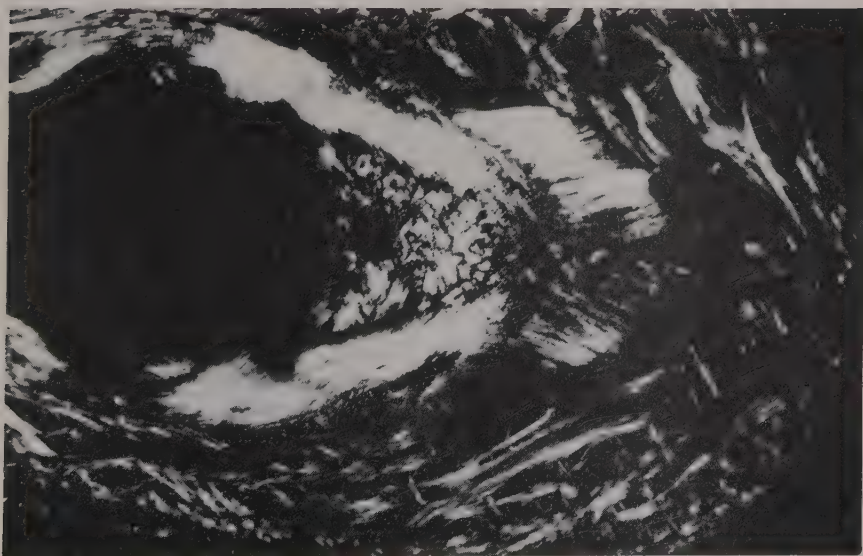


Abb. 10 : Neugeborenenfinger-Parallelschnitt zum Nagel

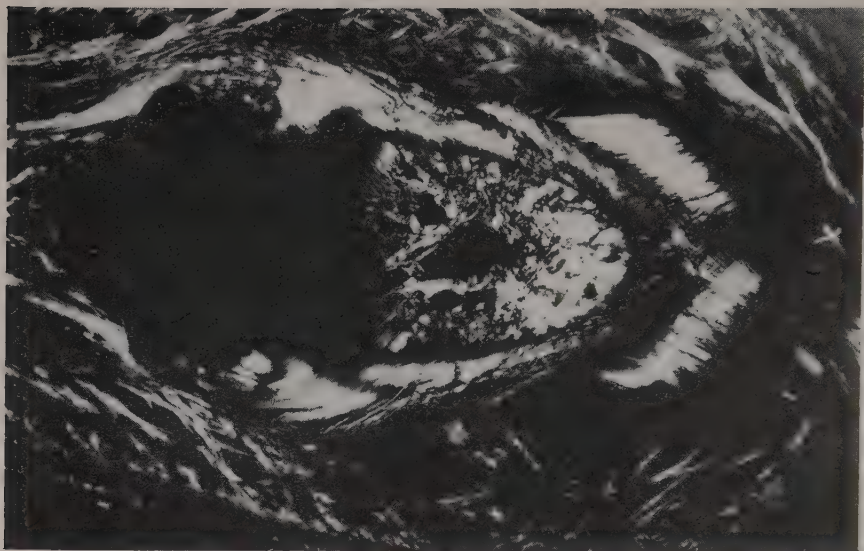


Abb. 11 : Neugeborenenfinger-Parallelschnitt zum Nagel



Abb. 12 : Erwachsenenfinger-Sagittalschnitt

dar, das aus Bögen besteht, die zur Sehne hin konkav sind. An der caudalen Seite der Sehne gibt es auch, wie beim Neugeborenen, Ausläufer in die *Retinacula cutis* bis unter die Haut. Dabei laufen die Fasern nach allen Seiten, nach proximal, caudal und distal aus und verlieren immer mehr an Stärke. Auch hier verschmelzen die Sehnenfasern mit den Bindegewebsfasern, so daß das Ende der auslaufenden Sehne nicht erkennbar ist (Abb. 13 und 14). Es sind auch hier Kammern entstanden, deren Inhalt Fettgewebe ist.

Weiter, dem distalen Ende zu, ziehen Fasern bis unter die Nagelplatte. Betrachtet man Abb. 12 und verfolgt den Verlauf der Sehne, so sieht man, wie die meisten Fasern sich in der Basis des Knochens verankern. Ein Teil zieht entlang der Phalanxunterseite. Dort verästelt sich das Ende und gibt weitere dünne Fasern nach allen Seiten in das Bindegewebe ab. Der Hauptteil der Sehne aber strahlt mit nach oben konkaven Bögen bis zur Nagelplatte.

Betrachtet man den Querschnitt des Erwachsenenfingers, so fällt zunächst auf, daß das Periost hier, wie auf dem Sagittalschnitt, nicht von der Sehne abzugrenzen ist, sondern daß auch die Hauptmasse der Fasern mit den Spongiosabälkchen eine Einheit darstellt (Abb. 15 bis 18). Besser als auf dem Sagittalschnitt sind hier, wiederum wie beim Neugeborenen, die seitlichen Abzweigungen in das Bindegewebe des Fingerendgliedes bis zur Haut hin zu erkennen. Von diesen seitlichen Abzweigungen gibt es Fasern, die ihren seitlichen Verlauf bis zur Peripherie fortsetzen und andere, die nach oben umbiegen und bis zum Nagelbett vordringen (Abb. 18). Auffallend auch hier die Symmetrie des Faserverlaufs!

Auf dem Parallelschnitt zum Nagel sieht man beim Erwachsenenfinger am besten die Verankerung der Sehnenfasern in der Spongiosastruktur des Endgliedknochens (Abb. 19 bis 22). Das Periost ist hier nicht zu erkennen und die Fasern scheinen sich direkt in den Trabekeln der Spongiosa fortzusetzen. Es besteht also eine innige Verbindung zwischen Knochen, Sehne und Periost, die für die Funktion des *M. flexor digitorum profundus* von besonderer Bedeutung ist. Seitlich des Knochens laufen die Fasern im Bindegewebe aus, wobei sie am Anfang dicht beieinander liegen und sich zur Peripherie hin immer mehr verzweigen, um dann bis unter die Cutis vorzudringen (Abb. 21 und 22). Es stellt sich ein Scherengittersystem mit langgezogenen Maschen dar. Wie man auf dem Schnitt weiter erkennen kann, durchkreuzen die Sehnenfasern bei ihrem Verlauf fast senkrecht die *Retinacula cutis* (Abb. 22). Auch hier entsteht das Bild einer korbgeflechtartigen Struktur, wie sie bei dem entsprechend geschnittenen Neugeborenenfinger zu beobachten war (Abb. 10).

IV. DIE DEUTUNG DER SEHNENSTRUKTUR ALS FUNKTIONELLE STRUKTUR

Die enge Verbindung beim Erwachsenenfinger zwischen Sehne und Knochen einerseits, und Sehne und Bindegewebe bzw. Haut andererseits, stellt nicht nur eine strukturelle, sondern auch eine funktionelle Einheit dar.

Die Zugübertragung des *M. flexor digitorum profundus* mittels der Sehne wirkt also nicht nur auf den Knochen, sondern auch auf das Bindegewebe und auf die Hautstrukturen des Fingerendgliedes. Somit stellt die Endphalanx ein kompliziertes funktionelles System dar, in dem die Sehne nur ein Teilsystem ist. Dabei kommt der Verbindung zwischen Sehne und Knochen die größere Bedeutung zu, da sie als Hauptverankerungszone zu betrachten ist, die sich aber dem Gesamtsystem Fingerendglied unterordnet.

Beim Neugeborenen hingegen ist die Verschmelzung von Sehne und Knochen noch nicht vorhanden. Dies beruht wahrscheinlich auf der noch mangelnden funktionellen Belastung und der Tatsache, daß der Knochen noch nicht endgültig differenziert ist und somit Wachstumsstrukturen enthält.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung von ca. 800 "dicken" Schnitten in drei verschiedenen Ebenen durch den Ansatz des *M. flexor digitorum profundus* an der Hand beim Neugeborenen und Erwachsenen ergaben:

1. Das Endglied des Fingers stellt eine strukturelle und funktionelle Einheit dar.
2. Der Ansatz der Sehne ist beim Neugeborenen auf Grund der noch nicht vorhandenen funktionellen Belastung anders als beim Erwachsenen:
 - a) Beim Erwachsenen besteht eine enge Verbindung der Sehne hauptsächlich mit dem Knochen (bis in die Spongiosa hinein!), mit den Bindegewebsstrukturen der Haut und dem Fingernagel.
 - b) Beim Neugeborenen ist diese enge Verbindung mit dem Knochen bzw. Knorpel noch nicht vorhanden - sie wird hier von einem bindegewebigen Mantel übernommen - während eine Verbindung der Sehne mit dem Bindegewebe der Haut und der Nagelplatte bereits besteht.

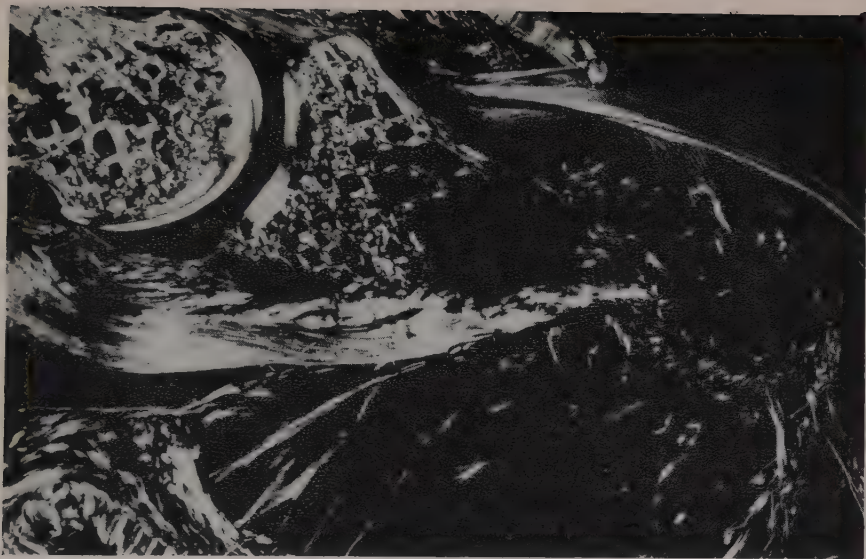


Abb. 13 : Erwachsenenfinger-Sagittalschnitt

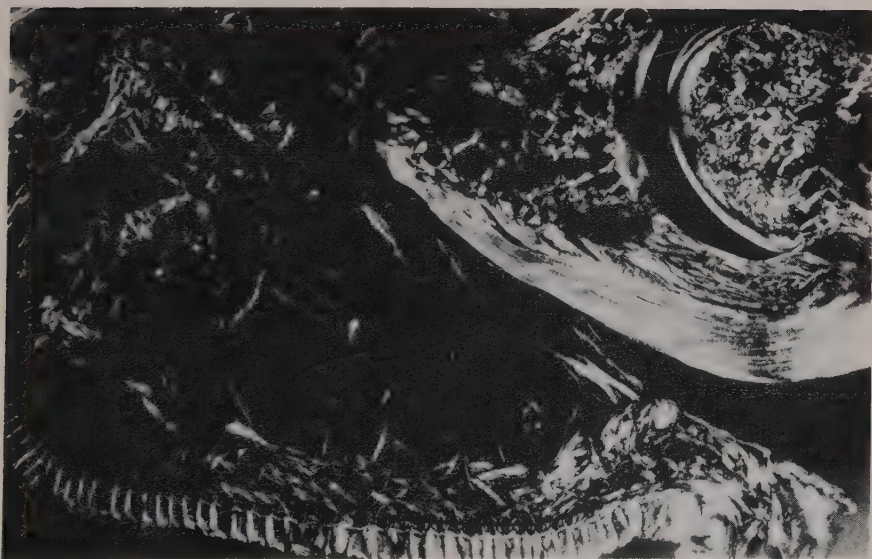


Abb. 14 : Erwachsenenfinger-Querschnitt

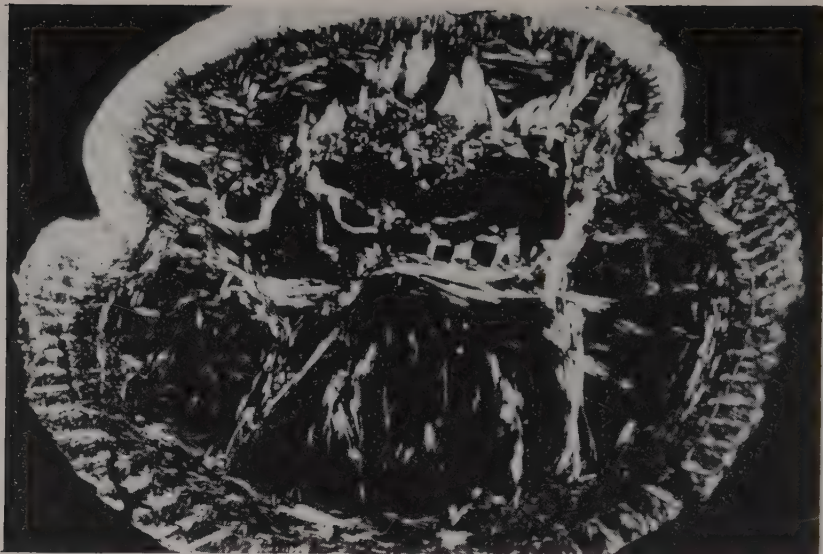


Abb. 15 : Erwachsenenfinger-Querschnitt



Abb. 16 : Erwachsenenfinger-Querschnitt

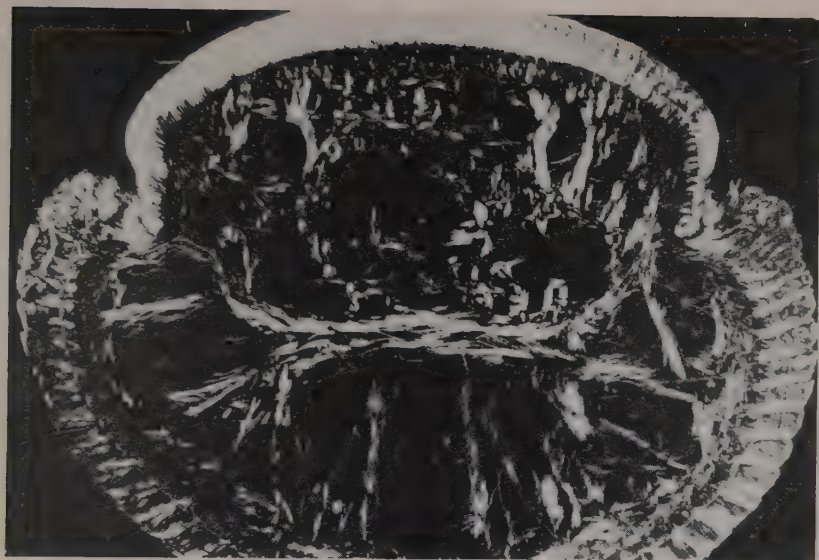


Abb. 17 : Erwachsenenfinger-Querschnitt

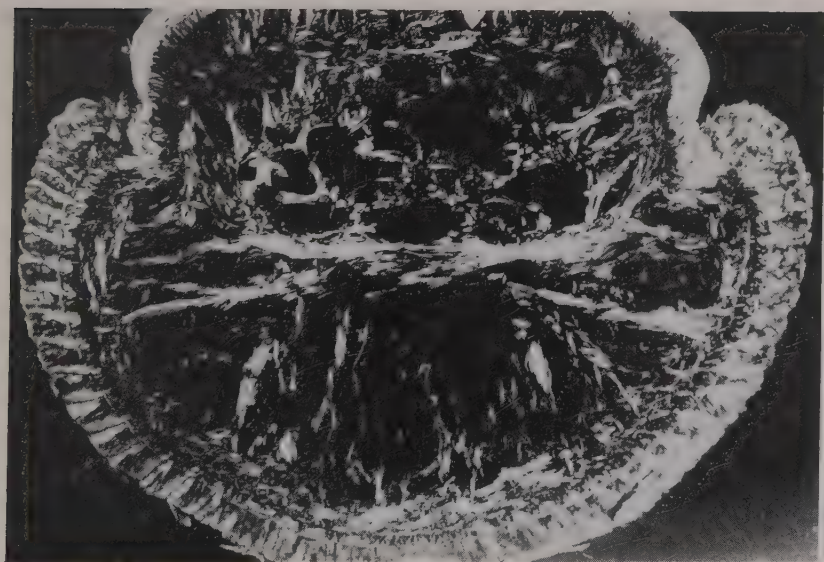


Abb. 18 : Erwachsenenfinger-Querschnitt

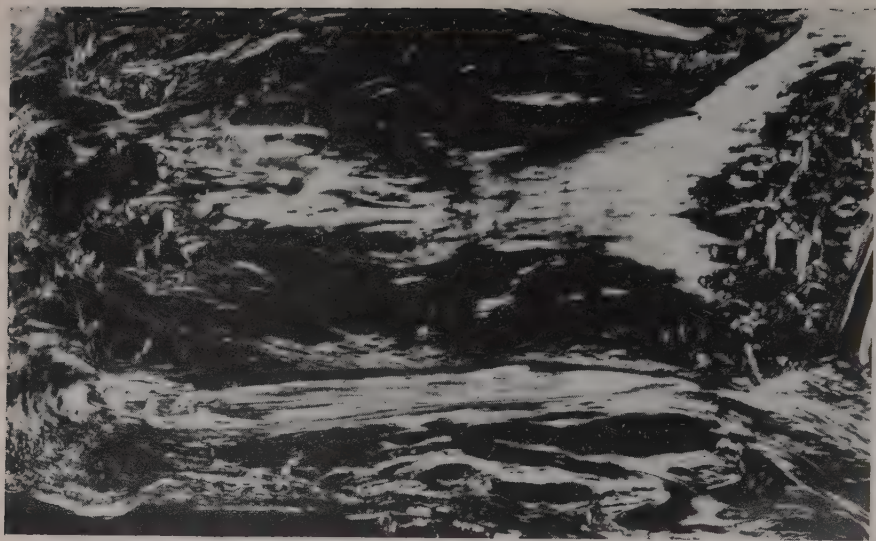


Abb. 19 : Erwachsenenfinger-Parallelschnitt zum Nagel



Abb. 20 : Erwachsenenfinger-Parallelschnitt zum Nagel

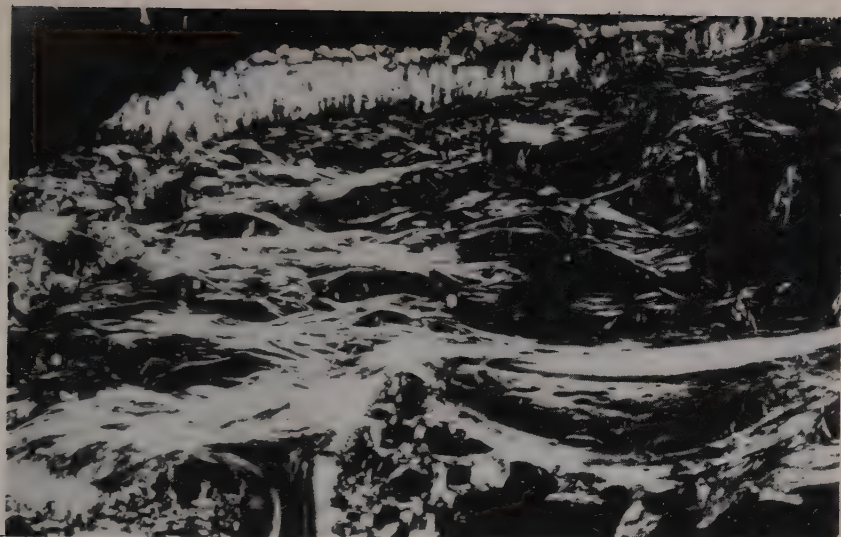


Abb. 21 : Erwachsenenfinger-Parallelschnitt zum Nagel

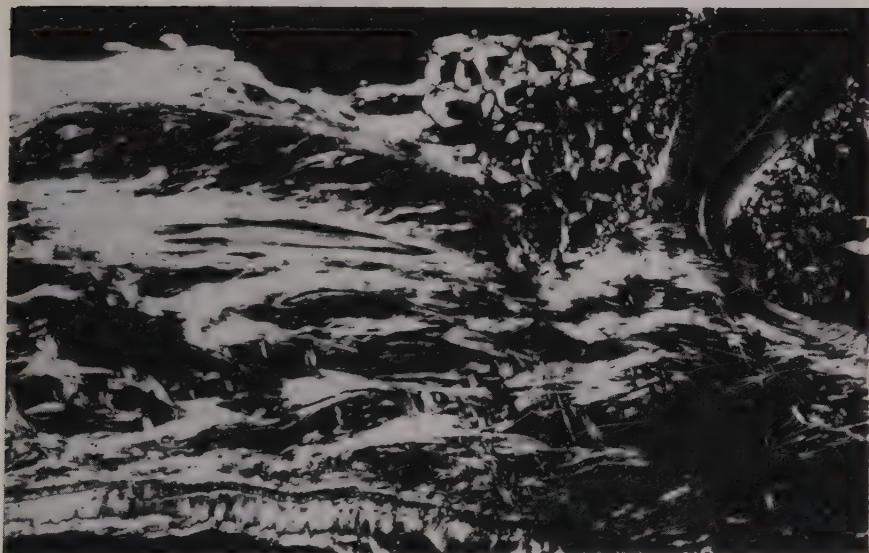


Abb. 22 : Erwachsenenfinger-Parallelschnitt zum Nagel

LITERATURVERZEICHNIS

- Benninghoff-Goerttler: Lehrbuch der Anatomie des Menschen
Bd. I, 9. Auflage, Urban u. Schwarzenberg, München-Berlin 1964
- Braus-Elze: Anatomie des Menschen, Bd. I, 3. Auflage, Verlag
Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1954
- Corning, H. K.: Lehrbuch der topographischen Anatomie, 3. Auflage,
Verlag Springer, Berlin 1946
- Dabelow, A.: Das Bindegewebe im Lichte neuerer Forschungen,
Anatomischer Anzeiger, Ergänzung zum 109. Band (1960/61),
VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1962
- von Lanz u. Wachsmuth: Praktische Anatomie, Bd. I/3, 2. Auflage,
Verlag Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1969
- Müller, G.: Eine Hilfseinrichtung zur Untersuchung dicker histologischer
Schnitte im polarisierten Licht, Sonderdruck aus "Mikroskopie",
Zentralblatt für mikroskopische Forschung. Band 15, Heft 11/12,
1961, Verlag Georg Fromme & Co., Wien u. München
- Müller, G.: Die funktionelle Anatomie des Magens, Anatomischer An-
zeiger, Ergänzung zum 111. Band (1962), VEB Gustav Fischer Ver-
lag, Jena
- Müller, G.: Der funktionelle Bau der Gallenblasenwand, Anatomischer
Anzeiger, Ergänzung zum 112. Band (1963), VEB Gustav Fischer
Verlag, Jena
- Müller, G. und Smith-Agreda, J.: Form und Funktion der Regio
ileocaecalis. Morphologisches Jahrbuch, Band 104, Heft 1, 1963,
Seite 1-26
- Pernkopf, E.: Topographische Anatomie, Bd. I, 2. Hälfte, Urban u.
Schwarzenberg, Berlin/Wien 1937
- Rauber-Kopsch; Lehrbuch u. Atlas der Anatomie des Menschen,
Bd. I, 19. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1955
- Sieglbauer, F.: Lehrbuch der normalen Anatomie des Menschen,
9. Auflage, Urban u. Schwarzenberg, Wien u. Innsbruck 1963
- Stofft, E.: Die funktionellen Strukturen des ligamentum longitudinale
anterior, Inauguraldissertation, Mainz 1960
- Waldeyer, W.: Anatomie des Menschen, II. Teil, 2. u. 3. Auflage,
Verlag Walter de Gruyter u. Co., Berlin 1965
- Watzka, M.: Kurzlehrbuch der Histologie und mikroskopischen Anatomie

des Menschen, Friedrich-Karl Schattauer Verlag, Stuttgart 1962
Wongphaet, S.: Die funktionelle Anatomie des Enddarnes, Morpho-
logisches Jahrbuch, Band 107, Heft 3, 1965, Seiten 281-325, Aka-
demische Verlagsgesellschaft Geest u. Portig, K.-G. Leipzig

LEBENS LAUF

Am 7.12.1940 wurde ich als erstes Kind des Dr. med. J. Zander und seiner Ehefrau, Dr. med. M. Zander, geb. Sieben, in Berlin geboren. Nach vier Volksschuljahren besuchte ich die Maria-Ward-Schule in Mainz, die Liebfrauenschule in Sigmaringen und das Hölderlin-Gymnasium in Stuttgart, wo ich im März 1961 das Abitur bestand.

Im Sommersemester 1961 begann ich das Medizinstudium an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz, wo ich nach 2 Semestern das Vorphysikum und nach 5 Semestern das Physikum ablegte. Nach dem Physikum studierte ich 2 Semester an der Università degli studi di Roma in Rom.

Anschließend setzte ich das Medizinstudium in Mainz fort und beendete das Staatsexamen am 20. Januar 1967.

Meine Famulatur absolvierte ich in Mainz an der 2. Inneren Klinik, am pathologischen Institut und in Worms auf der geburtshilflich-gynäkologischen Abteilung des Stadtkrankenhauses.

Nach Beginn der Medizinalassistentenzeit habe ich vier Monate lang auf der geburtshilflich-gynäkologischen Abteilung des St. Vincenz- und Elisabeth-Hospitals in Mainz gearbeitet.

